Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Über den Vulcanismus als kosmische Erscheinung.

Von dem w. M. **G. Tschermak.**

Bei Gelegenheit einer Besprechung der wahrscheinlichen Bildungsweise der Meteoriten erwähnte ich bereits, dass, nach den bisher gewonnenen Erfahrungen zu urtheilen, der Vulcanismus nicht auf unsere Erde beschränkt, vielmehr eine kosmische Erscheinung sei in dem Sinne, dass alle Gestirne in ihrer Entwicklung eine vulcanische Phase durchmachen.

Die Betrachtung der Formen, welche die Mondberge darbieten, regte schon vor zweihundert Jahren den scharfsinnigen Robert Hooke zu dem Gedanken an, dass jene Trichterformen durch Eruptionen von Dämpfen hervorgebracht sein dürften. Seitdem sind ähnliche Ideen mehrfach ausgesprochen worden, und in der letzten Zeit haben Nasmyth und Carpenter nach sorgfältiger Beschreibung und Darstellung jener Bergformen deren eruptive Entstehung auf Grundlage einer neuen Hypothese zu erklären versucht.

Die Sonne bietet uns noch gegenwärtig das Schauspiel heftiger Ausbrüche auf ihrer Oberfläche. Die spectroskopischen Beobachtungen, welche, allenthalben von ausgezeichneten Forschern angestellt, die Natur dieses Centralkörpers mehr und mehr enthüllen, ergeben als nothwendigen Schluss, dass fortwährend und an vielen Punkten glühende Gasmassen mit unglaublicher Geschwindigkeit aus dem Innern hervorbrechen. Diese und andere damit zusammenhängende Veränderungen der Sonnenoberfläche brachten schon vor einigen Jahren Zöllner zu der Überzeugung, dass dieselben in ihrem Wesen mit den vulcanischen Erscheinungen der Erde übereinstimmen und nur ihrer Intensität nach davon unterschieden seien. Das plötzliche Aufleuchten mancher Sterne, unter welchen der

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

zuletzt von J. F. J. Schmidt im Sternbilde des Schwanes wahrgenommene am eifrigsten beobachtet wurde, erfährt gegenwärtig eine Deutung im Sinne grossartiger Ausbrüche des feuerflüssigen Innern jener Himmelskörper.

Das Studium der Meteoriten bietet fernere Gelegenheit, die Vorstellung von einem allgemeinen Vulcanismus weiter zu entwickeln. Die Meteoriten haben Formen, welche beweisen, dass sie lange vor ihrer Annäherung an die Erde durch Zertrümmerung aus grösseren Massen hervorgegangen sind. Sehr viele von ihnen zeigen ein Gefüge, welches mit demjenigen bestimmter vulcanischer Tuffe übereinkommt.

Darauf gestützt habe ich vor Kurzem die Ansicht entwickelt, dass die Meteoriten Auswürflinge kleiner Planeten seien, welche ein Stadium heftiger vulcanischer Thätigkeit durchliefen und während dieser Zeit ganz oder zum Theil in Trümmer aufgelöst wurden.[1]

Es ist nun möglich, dass die hier genannten Erscheinungen untereinander und mit den vulcanischen Erscheinungen der Erde in keinem Zusammenhange stehen, es ist möglich, dass die Ähnlichkeit in den besprochenen Thätigkeiten eine bloss äusserliche ist. Wir sind aber geneigt, einen solchen Zusammenhang anzunehmen, denn jede eigentliche Forschung beginnt mit der Voraussetzung einer Zusammengehörigkeit der Erscheinungen. Seitdem die spectroskopischen Beobachtungen die Gleichartigkeit der Materie in unserem Sonnensysteme und weiter hinaus lehrten, ist es uns aber sehr nahe gelegt, alle jene eruptiven Bewegungen von derselben Eigenschaft der in den Himmelskörpern sich wiederholenden Stoffe abzuleiten.

Wir hoffen demnach dahin zu gelangen, jene merkwürdigen Erscheinungen auf dieselbe Weise zu erklären wie den Vulcanismus der Erde.

Die Aufgabe, welche zu lösen ist, besteht darin, eine Annahme zu finden, aus der sich alle hierher gehörigen Wahrnehmungen folgerichtig ergeben. Eine ganz neue Hypothese zu suchen wird kaum nöthig sein, denn seitdem ein Plato, ein

---

[1] Diese Berichte 1875, Bd. 71, Abth. II. pag. 661.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Strabo sowie ein Seneca, Lucrez u. A. ihre Ideen über die Ursache jener Erscheinungen aussprachen, bis zur heutigen Zeit waren viele Forscher bemüht, eine Grundlage zu gewinnen, welche die Erklärung des tellurischen Vulcanismus ermöglicht. Es dürfte demnach genügen, die wichtigsten der bisherigen Versuche zu prüfen, um zu erkennen, ob eine der vorgebrachten Ideen der Übertragung auf die ausserirdischen Erscheinungen und der Ausdehnung auf die kosmischen Verhältnisse fähig sei.

Eine grosse Anzahl der Geologen ist heute der Ansicht, dass die vulcanischen Phänomene der Erde durch das Zusammentreffen des in die Tiefe sickernden Wassers mit dem heissen Erdinnern vollständig erklärt werden können. In der That ergeben sich viele an den Vulcanen gemachte Wahrnehmungen ungezwungen aus der Hypothese eines feurig flüssigen Erdinnern, aus der Annahme von Spalten in der Erdrinde und aus der unzweifelhaften Verbreitung des Wassers in dieser Rinde.

Diese Annahme, welche durch L. v. Buch und A. v. Humboldt begünstigt, die aber später durch Const. Prevost, Scrope, Dana, Daubrée u. A. modificirt wurde, hat sich allmälig den Erfahrungen der Physik über das Verhalten der Flüssigkeiten und Dämpfe bei hohem Drucke angepasst.

Das Wasser, welches in Folge der Schwere sich auf Spalten abwärts bewegt, erleidet den Druck der ganzen darüberstehenden Wassersäule. Durch denselben wird es weiter abwärts durch die feinsten Klüfte und capillaren Öffnungen gepresst, bis es in jene Tiefen gelangt, in welchen nach jener Hypothese eine sehr hohe Temperatur herrscht. Das Wasser kann sich hier unter dem hohen Drucke nicht in Dampf verwandeln, sondern es vereinigt sich mit der heissflüssigen Schmelze zu einem Magma, welches fähig ist zu explodiren, sobald der Druck abnimmt.

Dort wo die Erdrinde von solchen Spalten durchsetzt ist, die bis auf den flüssigen Inhalt der Erde hinabreichen, steigt jenes Magma empor, und zwar zufolge des Druckes der Erdrinde auf das flüssige Innere. In die Nähe der Erdoberfläche gelangt, wo der Druck gering ist, explodirt dieses Magma, liefert Wasserdampf und Lavastaub, die tiefer liegenden Massen werden dadurch auch vom Drucke befreit, kochen auf, und drängen empor als Lava.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

So ungefähr denken sich gegenwärtig die meisten Anhänger jener Hypothese den Vorgang bei vulcanischen Eruptionen. Die heissen Quellen sind nach ihrer Ansicht aufsteigende Quellen, deren Wasser aus der Atmosphäre stammt, auf Spalten bis in die warme Tiefe dringt, und von dort nach dem Grundsatze der communicirenden Röhren auf anderen Spalten emporgedrängt wird.

Die Erdbeben sind, soferne sie nicht durch Verschiebungen, Trennungen und Einstürze innerhalb der Rinde entstehen, entweder durch Schwankungen des flüssigen Erdinnern oder durch unterirdische Explosionen jenes Magma verursacht.

Obgleich die Annahme eines heissflüssigen Erdinnern durch die Fortschritte der Astrophysik eine bedeutende Stütze erhalten hat, obwohl demnach eine künftige Theorie des Vulcanismus diesen Boden kaum verlassen dürfte, so ist doch die zuvor angedeutete Erklärung, welche das Wasser als einziges Agens annimmt, keine vollständig genügende, weil sie nicht für alle vulcanischen Erscheinungen ausreicht und die Ausdehnung auf andere Himmelskörper nicht gestattet.

Wenn die Ursache der vulcanischen Eruptionen einzig in dem eindringenden Wasser und dem heissen Erdinnern läge, so würde nicht einzusehen sein, woher die Unregelmässigkeit und die grosse Seltenheit der Eruptionen kommt. Auf der einen Seite wirkt das Wasser, welches beständig in die Tiefe dringt, continuirlich, ebenso ist die zweite Ursache eine continuirliche. Auf der anderen Seite aber erfolgen die vulcanischen Eruptionen discontinuirlich, selten und unregelmässig.

Den angenommenen Ursachen zufolge könnte das Resultat von zweierlei Art sein. Die vulcanischen Eruptionen müssten entweder continuirlich sein, es müssten auf den vulcanischen Spalten beständige Ausbrüche erfolgen und es wäre ein grossartiger vulcanischer Kreislauf des Wassers hergestellt, so lange das Erdinnere heiss bleibt — oder die Eruptionen müssten periodisch erfolgen, indem die Periodicität von der Schwerkraft veranlasst wurde wie bei dem Geisyr-Phänomen.

Weder das Eine noch das Andere trifft zu, und gegenüber der Riesengrösse der angenommenen wirkenden Ursachen ist dasjenige, was von der Erde durch die vulcanischen Eruptionen

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

geleistet wird, ein so geringer Betrag, dass dieses Missverhältniss allein zur Genüge zeigt, dass der Zusammenhang kein directer sein könne.

Findet die Hypothese schon hier einige Schwierigkeiten, so verlässt sie uns vollständig bei der Erklärung der chemischen Verhältnisse. Der Vesuv, der Ätna, die Eruptionen auf Santorin und auf Island liefern nach den Untersuchungen von Bunsen, Ch. S. C. Déville, Boussingault, Fouqué u. A. nicht bloss Wasserdämpfe, sondern auch verschiedene andere Dämpfe und Gase wie Salzsäure, schweflige Säure, Schwefelwasserstoffgas, Kohlensäure, Kohlenwasserstoffe, Wasserstoffgas, Stickstoffgas, Ammoniakgas etc. Die Salzsäure kann man allerdings aus der Zersetzung des im eingedrungenen Meerwasser enthaltenen Kochsalzes ableiten, die schweflige Säure und den Schwefelwasserstoff schon sehr schwierig von der schwefelsauren Magnesia und dem schwefelsauren Natron des Meerwassers, und zwar sowohl in qualitativer Hinsicht als auch deshalb, weil die Quantitäten in keiner Beziehung mit der Zusammensetzung des Meerwasssers stehen.[1] Wie sollen aber die ungeheuren Mengen von Kohlensäure erklärt werden, welche aus dem vulcanischen Boden dringen?

Wie bei den vulcanischen Emanationen ergeht es bei den von heissen Quellen emporgebrachten Stoffen. Zwar sind dieselben noch viel zu wenig untersucht, aber das Beobachtete genügt, um die hier eintretenden Schwierigkeiten zu zeigen. Wiederum sind es vor Allem die gewaltigen Mengen von Kohlensäure, welche von so vielen Quellen ausgehaucht werden, die der Erklärung spotten. Bischof denkt sich in der Tiefe Kalksteinlager, welche durch die Hitze allein oder durch heisse kieselhaltige Wässer zersetzt werden, so dass freie Kohlensäure entsteht. Es ist aber sehr misslich, unter jedem Vulcan, unterhalb jeder Sauerquelle ein Kalksteinlager annehmen zu müssen, umsomehr, da in Gegenden, deren Boden aus Granit und Gneiss besteht, die Existenz solcher Lager öfters geradezu höchst unwahrscheinlich ist.

Die besprochene Vulcanhypothese, welche nur das Wasser und die Hitze als Agentien voraussetzt, erscheint somit in chemischer Hinsicht zu unvollständig, um die Erscheinungen auf der

[1] Vgl. Ch. S. Claire Déville in Cpt. rend. 1875, Bd. 80, pag. 833.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Erde klar zu machen, sie erlaubt ferner keine Anwendung auf den Mond, welcher mit kraterförmigen Bildungen überdeckt ist, aber keine Spur einer früheren oder späteren Wasserbedeckung zeigt, und sie gibt auch kein Mittel an die Hand, die vulcanische Bildung und die Zertrümmerung jener Massen, von welchen die Meteoriten herrühren, auf bekannte Thatsachen zurückzuführen, umsomehr als die letzteren niemals eine Ähnlichkeit mit unseren Laven oder mit sedimentären Gesteinen erkennen lassen.

Eine andere Idee, welche in der letzten Zeit viel discutirt wird, ist neueren Datums. Seitdem die Verwandlung mechanischer Bewegung in Wärme aufmerksamer verfolgt wird, und sich durch die Bemühungen eines Rumford, Clapeyron, R. Mayer, Clausius, W. Thomson, Joule u. A. eine neue Auffassung der Wärmeerscheinungen entwickelte, hat es nicht an Versuchen gefehlt, die gewonnene Einsicht auch für den Vulcanismus zu verwerthen. Die Hitze, welche bei den vulcanischen Erscheinungen beobachtet wird, entsteht nach dieser Annahme durch das Niedersinken von Theilen der Erdrinde. In Deutschland haben Volger und später Mohr diesen Vorgang wahrscheinlich zu machen gesucht, in der letzten Zeit fand die Idee an R. Mallet einen Vertheidiger, welcher die Rechnung und das Experiment zu Hilfe nahm, um derselben Anerkennung zu verschaffen. [1]

Mallet geht von der Annahme aus, dass die Erde im Erkalten begriffen sei, und dass bei ihrer Abkühlung im Inneren durch Zusammenziehung Hohlräume entstehen. Dadurch wird der Raum geschaffen, in welchen überlagernde Stücke der Erdkruste, die von Spalten begrenzt sind, hinabsinken. Die so entstandene Bewegung verwandelt sich in Wärme und diese bringt das Gestein an den Spalten zum Schmelzen. Zu der Schmelze gelangt herabsickerndes Wasser, daher die Eruption. Mallet geht übrigens sehr ausführlich darauf ein, dass alle Theile der Erdkruste nicht nur nach abwärts einen Druck ausüben, sondern

[1] Philos. Transactions Bd. 163, pag. 147. Übersetzung von A. v. Lasaulx in den Verh. d. naturhist. Vereins d. preuss. Rheinlande Jahrg. 32, Bd. 2. Die Ansichten Volger's und Mohr's besprochen in Pfaff: Allgem. Geologie pag. 12—24.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

auch nach der Seite drücken, so dass auch dann eine ruckweise Bewegung eintreten kann, wenn sich innerhalb der Erdkruste eine Höhlung gebildet hat. Durch den allenthalben in der Erde herrschenden Druck kann die Höhlung ausgefüllt, zugequetscht werden, die so erfolgte Bewegung gibt Wärme.

Mallet gibt sich Mühe, durch Versuche zu zeigen, dass durch Zerquetschen von Granit und anderen Gesteinen mittels grosser darauf gelegter Lasten wirklich Wärme entsteht, doch sind alle diese Experimente deren Resultat vorauszusehen war, nicht im Stande, seine Anschauung zu stützen. Auch wenn die Voraussetzungen, nämlich die Zusammenziehung, die Bildung von Höhlungen in der Erde und das Niedersinken und Quetschen zugegeben werden, so folgt doch nur, dass die herabsinkende oder in die Höhlung hineingepresste Erdmasse sehr wenig erwärmt wird, denn die entstandene Wärme vertheilt sich auf die ganze bewegte Masse, ferner aber auch, wie dies schon von J. Roth bemerkt wurde,[1] auf lange Zeiträume. Die Höhe des Herabsinkens aber, und auf diese Höhe kommt es hier hauptsächlich an, ist immer nur eine geringe. Von einer Erhitzung des Gesteines bis zum Schmelzen kann demnach gar keine Rede sein. Auch wenn man durchwegs jene Verhältnisse annimmt, welche der Mallet'schen Ansicht günstig sind, berechnet sich eine Temperaturerhöhung von 15 bis 55° C. auf den vulcanischen Spalten, diese ist aber unfähig, irgend einen merkbaren Effect hervorzubringen (siehe Anmerkung 1).

Die Schwächen der Mallet'schen Ansicht haben J. Roth, O. Fisher u. A. beleuchtet,[2] so dass von derselben wohl abgesehen werden kann und es fast überflüssig ist, darauf hinzuweisen, dass dieselbe nicht nur durch die Beschaffenheit der Lava widerlegt wird, welche ein Krystallmagma ist, und weder als eine blosse Schmelze, noch als Zerreibungsproduct der benachbarten Gesteine erscheint, sondern dass die Hypothese auch die chemischen Erscheinungen nicht zu erklären vermag. Es ist ausserdem einleuchtend, dass sie auf andere Himmelskörper ebensowenig anzuwenden ist, wie auf die Erde.

---

[1] Zeitschr. d. d. geolog. Ges. 1875, pag. 550.

[2] Phil. Mag. 1875, pag. 302.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Eine eigenthümliche Erklärung vulcanischer Erscheinungen, welche sich auf die Bildung der Mondberge bezieht, rührt von Nasmyth und Carpenter her.[1] Dieselben denken sich den Mond aus einer Masse bestehend, welche im starren Zustande ein grösseres Volumen besitzt als im flüssigen. Wenn eine vordem flüssige Kugel, die aus solchem Material besteht, mit einer Erstarrungsrinde überzogen ist, wird sie Risse erhalten, wofern die Erstarrung weiter fortschreitet. Durch diese Risse wird etwas von dem flüssigen Inhalt an die Oberfläche treten. Dies ist ganz richtig. Die Verfasser glauben aber, dass bei diesem Hervortreten sich eruptive Erscheinungen entwickeln, dass Material emporgeschleudert und Krater aufgebaut werden können.

Obgleich es nun sicher ist, dass Körper, welche sich beim Erstarren ausdehnen, im Stande sind, mit grosser Gewalt ihre Hülle zu zersprengen, wie das Wasser, wenn es in einem geschlossenen Gefässe friert, so gibt es anderseits gar kein Beispiel, dass das Wasser, welches doch jahraus jahrein unter den verschiedensten Umständen und sowohl in kleinen, wie in grossen Mengen unter unseren Augen zum Erstarren kommt, jemals eruptive Erscheinungen und einen Aufbau von Kratern darböte.

Es ist allerdings durch die Versuche von William in Quebek bekannt, dass der Stöpsel, mit welchem eine mit Wasser gefüllte Bombe verschlossen war, beim plötzlichen Erstarren des im Zustande der Überschmelzung befindlichen Wassers weit wegflog, aber dieser Versuch liesse sich höchstens unter Zuhilfenahme neuer Hilfshypothesen zur Erklärung von Erscheinungen verwenden, bei welchen eine Kraterbildung erfolgte.

Wir wissen aber mit voller Sicherheit, dass in jedem Falle, da beim Erstarren von Flüssigkeiten ein Herausschleudern der Masse, ein Aufbau von Trichtern etc. erfolgt, wie beim Erstarren von Silber, Schwarzkupfer, von wasserhaltigem Schwefel, diese Eruptionen von der plötzlichen Ausdehnung von Gasen oder Dämpfen herrühren, und es erscheint deshalb das Auftreten dauernder Eruptionen, durch welche Aufschüttungskegel erzeugt werden, ohne die Thätigkeit von Gasen oder Dämpfen nicht wohl denkbar.

[1] The Moon. London 1874.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Der Versuch von Nasmyth und Carpenter, welche der Schwierigkeit entgehen wollten, die in der Abwesenheit merklicher Mengen von Wasser sowie von Gasen und Dämpfen auf dem Monde liegt, dürfte daher wohl keinen allgemeinen Anklang finden.

Um die vulcanische Hitze zu erklären, sind auch chemische Vorgänge angenommen worden, so von Davy die Verbrennung von Kalium beim Zusammentreffen mit Wasser, doch liess Davy selbst diese Annahme wieder fallen, weil bei dem Zusammentreffen von Kalium und Wasser grosse Mengen von Wasserstoffgas entwickelt werden, während die Vulcane, nach den damaligen Erfahrungen, kein Wasserstoffgas aushauchen.

Später wurde von Bunsen in isländischen Fumarolen Wasserstoffgas entdeckt, doch betrachtet Bunsen diese Beobachtung nicht als eine Stütze der Davy'schen Hypothese, weil jene Fumarolen neben dem Wasserstoffgas Kohlensäure, aber kein Kohlenoxydgas enthalten. Letzteres würde aber aus der Kohlensäure entstehen, wenn ein solcher Vorgang wie die Zerlegung von Wasser durch Kalium stattfände, welcher eine hohe Temperatur hervorruft.

Ausser den zuvor genannten Hypothesen ist noch eine sehr alte, bis jetzt aber wenig entwickelte Anschauung anzuführen, welche die vulcanischen Erscheinungen von der Thätigkeit solcher Gase und Dämpfe ableitet, welche ganz direct aus dem Innern der Planeten hervorströmen. Der Gedanke ist in sehr einfacher Form im Alterthume gehegt, später zuweilen wieder in den Vordergrund gestellt, aber erst 1842 von Angelot etwas ausführlicher entwickelt worden.[1]

Nach der letzteren Anschauung sind im Erdinnern, welches heissflüssig gedacht wird, Stoffe absorbirt enthalten, welche sich beim Erstarren gas- oder dampfförmig entwickeln und, in den Spalten der Erdrinde aufsteigend, Eruptionen veranlassen. Die aus den Vulcanen, den Fumarolen, den heissen Quellen aufstei-

---

[1] Bulletin de la soc. géol. de F. t. 13, p. 178. Früher schon (1834) hatte Fournet die Idee kurz besprochen ibid. t. 4, p. 200, später auch Delanoüe ibid. 2. ser., t. 27, p. 635, der letztere freilich ohne Erwähnung der Vorgänger.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

genden Gase und Dämpfe stammen sonach aus dem flüssigen Erdinnern, in dem sie in irgend einer Form absorbirt enthalten waren. Obgleich sich die vulcanischen Phänomene auf diesem Wege ungezwungen erklären lassen, so fand doch Angelot bald nachher, dass er diese Erklärungsweise einschränken müsse, weil er meinte, die geringe Menge des flüssigen Erdinnern, welche jährlich zur Erstarrung kommt, sei nicht hinreichend, die während dieser Zeit von der Erde gelieferten vulcanischen Gase zu entwickeln.[1]

Wenn man aber die Rechnung, welche Angelot zu dieser Beschränkung führte, genauer prüft, so zeigt sich, von Rechnungsfehlern abgesehen, dass unter Zugrundelegung von Zahlen, welche der heutigen Erfahrung entsprechen, ein günstigeres Resultat hervorgeht. Wenn man annimmt, dass von jener Wärmemenge, welche die Erde jährlich durch Abkühlung verliert, die Hälfte direct von dem heissen Erdinnern abgegeben, die andere Hälfte aber beim allmäligen Festwerden des Erdinnern als Erstarrungswärme entwickelt wird, so ergibt sich auf Grundlage der Poisson'schen Zahlen, dass von dem Erdinnern, wofern selbes aus flüssigem Eisen bestehend gedacht wird, jährlich ungefähr 190 Kubikkilometer erstarren. Diese können aber, wie die bisherigen Erfahrungen zeigen (s. Anmerkung 2), ganz wohl beim Erstarren das 50fache ihres Volumens an Gasen und Dämpfen ausgeben. Diese Quantität würde aber genügen, um 20.000 Vulcanschlote zu speisen, die sich das ganze Jahr hindurch in heftiger Thätigkeit befinden. (Genaueres in Anmerkung 3.)

Daraus ist zu ersehen, dass die genannte Idee immerhin eine Berechtigung hat, bei der Erklärung des Vulcanismus berücksichtigt zu werden. Die Quantität dessen, was nach dieser Schätzung die Erstarrung des Erdinnern an Gasen und Dämpfen liefern kann, erscheint vollständig hinreichend, um die Eruptionen auf der Erde zu veranlassen. Die Unregelmässigkeit in der Aufeinanderfolge der letzteren würde von Ungleichförmigkeiten in der Beschaffenheit des Erdinnern abzuleiten sein.

Die chemische Zusammensetzung der Emanationen würde darauf hinweisen, dass im Erdinnern in jenen Tiefen, wo die

[1] l. c. pag. 399.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Temperatur sehr hoch, die Elementargase Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Chlor absorbirt vorhanden seien, dass ferner Schwefel und Kohlenstoff in erheblicher Menge in der heissflüssigen Masse enthalten sein müsste.

Wenn wir nun hier einen Augenblick, der von Daubrée ausgesprochenen Idee folgend, eine Verwandtschaft zwischen dem Erdinnern, und den Eisenmeteoriten annehmen, so werden uns die Gase, welche in den letzteren absorbirt enthalten sind, Stoff zum Vergleiche bieten. Die Untersuchungen von Graham, J. W. Mallet, A. Wright haben nun gezeigt[1], dass eine Anzahl von Meteoreisen beim Erhitzen 1 bis 47 Volume Gas liefern, welche aus Wasserstoff, Stickstoff, Kohlensäure und Kohlenoxyd bestehen. Das Eisen von Ovifak, welches von vielen Forschern für ein tellurisches gehalten wird, entwickelt nach Wöhler und Daubrée ungefähr 100 Volume Gas, welches aus Kohlenoxyd und Kohlensäure besteht. In den Meteoreisen ist ferner Kohlenstoff in der Gestalt von Graphit und Schwefel in der Form von Schwefeleisen (Troilit), Chlor in der Form von Eisenchlorür verbreitet.

Der Vergleich ist sonach der hier besprochenen Idee günstig. Dass kein freier Sauerstoff in den Meteoreisen gefunden wurde, stimmt mit der Voraussetzung, dass diese Körper aus dem heissflüssigen Zustande hervorgegangen seien; denn wenngleich der Sauerstoff bei sehr hoher Temperatur im freien Zustande existirt, so wird er sich bei der Abkühlung doch mit den hiezu fähigen Stoffen verbinden. Unter den entwickelten Gasen sind aber Kohlensäure und Kohlenoxyd, also Sauerstoffverbindungen, und das Eisen von Ovifak enthält eine grosse Menge von oxydirtem Eisen beigemischt.

Der Vergleich wird deshalb kein unpassender, weil das Verhältniss der Gase in den Meteoriten ein anderes als in den vulcanischen Emanationen der Erde, denn die Meteoriten verrathen uns nicht, wie viel von den einzelnen Stoffen darin absorbirt enthalten war, so lange sie flüssig gewesen, sondern nur, wie viel nach dem Erkalten als Überrest darin zurückgeblieben

[1] A. Wright American Journal of Sc. 1876. April- und September-Heft.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Der Vorgang der Gasentwicklung aus dem Erdinnern würde so zu denken sein, dass bei dem allmäligen Erstarren desselben Stoffe ausgeschieden werden, welche bei Abnahme des Druckes gasförmig werden können. Durch die ungleiche Vertheilung der absorbirten Stoffe, durch Strömungen etc. wird eine Unregelmässigkeit der Ausscheidung bedingt und es wird öfters eine plötzliche Entwicklung jener Stoffe eintreten. Die letzteren haben aber nur in Spalten der Erdrinde einen Ausweg, der ihnen jedoch auch hier durch die Lava verlegt wird. Es ist schwer zu sagen, wie man sich die Wanderung jener Stoffe bei hoher Temperatur und bei so ungemein grossem Drucke zu denken habe, aber es ist klar, dass eine heissflüssige Masse, wie die Lava, welche mit Dämpfen gesättigt ist und welcher von Neuem Gase zugeführt werden, schliesslich zum Aufschäumen und zum Zerstäuben kommt.[1]

Demgemäss wären die emporkommenden Gase als die Erreger des vulcanischen Ausbruches zu betrachten, wozu die in den Spalten vorhandene Lava, welche durch Einwirkung des überhitzten Wassers auf die umgebenden Gesteine gebildet wird, das Materiale liefert.

Die Lava, welche oft grosse und schöne Krystalle fertig gebildet emporbringt, hat gewiss eine langwierige und ruhige Bildung. Zur Erklärung derselben ist das Eindringen und Einsickern von Wasser in die Tiefe ganz wohl heranzuziehen, gleichwie die Wassermassen der heissen Quellen auch auf dieses Hinab-

[1] Die Lava dürfte beim Empordringen noch eine nicht ganz unerhebliche Menge der einfachen Gase: Sauerstoff, Wasserstoff, Chlor mitbringen, welche sich infolge der zähflüssigen Beschaffenheit der Lava nicht vereinigen konnten. Bei Verminderung des Druckes werden sich diese Gase verbinden, wesshalb die Lava beim Empordringen eine viel höhere Temperatur annehmen muss, als sie früher besass. Ohne diese Verbrennungswärme müsste sich die Temperatur der Lava bei der Ankunft an der Erdoberfläche infolge der Entwicklung der Wasserdämpfe erniedrigen.

Dass nun wirklich die Lava im Augenblicke des Hervorbrechens eine höhere Temperatur annimmt, hat Stoppani mit allem Nachdruck hervorgehoben (Bull. soc. geol. 2de s., t. 27, p. 204, Córso di Geologia, III, 173) indem er auf die von den Forschern bisher zu wenig beachtete, aber von C. W. C. Fuchs ausführlich beschriebene Erscheinung hinweist, welcher zufolge die Krystalle in den Laven theils deutlich angegriffen, theils abgeschmolzen erschienen, die Laven sich oberflächlich verglasen etc.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

dringen der Wässer zurückzuführen sein wird. Es ist demnach nicht aller Wasserdampf der Vulcane von der Verbrennung absorbirt gewesenen Wasserstoffes abzuleiten, sondern die Vorstellung von dem Hinabsinken der Wässer bis zur heissen Tiefe bleibt aufrecht, und macht uns jene Vorgänge deutlich, bei welchen nicht mehr Gase und Dämpfe die Hauptrolle spielen.

Die Erklärung der vulcanischen Erdbeben dürfte auf Grundlage dieser Emanationshypothese auch in gewissem Grade verändert werden, es ist jedoch nicht meine Absicht, in dieses Gebiet hier einzugehen.

Das Wichtigste, was nun bezüglich der zuletzt erwähnten Hypothese zu erörtern bleibt, ist ihre Anwendbarkeit auf die dem Vulcanismus verwandten Erscheinungen anderer Himmelskörper.

In dieser Beziehung darf wohl vor Allem bemerkt werden, dass diese Hypothese den grossen Vortheil hat, weder mehrere besondere Annahmen noch irgend eine neue Annahme vorauszusetzen, denn sie ist bereits in jener weittragenden Hypothese von Kant und Laplace enthalten, welche bisher allein fähig war, die Bildung der Himmelskörper dem Verstande anschaulich zu machen. [1]

Denkt man sich die Himmelskörper durch Condensation entstanden, so gelangt man zu der Überzeugung, dass jeder derselben ein Stadium passiren musste, in welchem er flüssig zu werden begann, und jedes der zusammenfliessenden Theilchen von Dämpfen und Gasen umgeben war. Da die Flüssigkeiten, auch jene, welche nur bei hohen Temperaturen als solche existiren, Absorptionsfähigkeit besitzen, so wird eine solche allmälig entstehende Flüssigkeitskugel jene Menge von Gasen und Dämpfen in sich aufnehmen, welche der Temperatur, dem unter solchen Umständen hohen Atmosphärendrucke und der gebotenen Quantität entspricht.

Bei den hohen Temperaturen, welche durch die Condensation entstanden sind, werden die chemisch einfachen Stoffe keine Verbindungen eingehen können, daher die zuerst entstan-

[1] In der That haben beide Autoren schon auf die Möglichkeit einer Entwicklung von gasförmigen Körpern aus dem Erdinnern hingewiesen.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

dene Flüssigkeit vorzugsweise aus den schwerer flüchtigen Metallen bestehen wird, worin alle anderen Stoffe, die unter solchen Umständen absorbirt werden oder bleiben können, in Lösung vorhanden sein werden.

Sobald in der glühend flüssigen Kugel durch ihre Abkühlung Strömungen, überhaupt Bewegungen erfolgen, ferner sobald eine Erstarrung eintritt, werden sich Gase und Dämpfe aus dem Innern entwickeln. Ist der äussere Atmosphärendruck verhältnissmässig gering, so kann diese Entwicklung sich zur Eruption steigern. Gelangen bei dieser Entwicklung die glühenden Gase in weniger heisse Schichten, oder erniedrigt sich ihre Temperatur durch die Ausdehnung, so wird endlich die Temperatur erreicht, bei der sich die einfachen Gase zu Verbindungen vereinigen können. Da dieser Act bei vielen solchen Gasgemischen von einer plötzlichen Wärmeentwicklung begleitet ist, welche eine Explosion hervorruft, so werden je nach Umständen entweder nahe der Oberfläche oder auch auf derselben Explosionen stattfinden müssen.

Diese Betrachtung ist genügend, um zu zeigen, dass die eruptiven Erscheinungen auf der Sonne sich als eine nothwendige Folge ihrer Bildung durch eine Condensation solcher Stoffe, wie sie auf der Erde vorkommen, darstellen lassen. Hierin weiter zu gehen, ist nicht meine Sache und erscheint überflüssig, da die Schriften eines in dieser Richtung so erfahrenen Forschers wie Zöllner die Besprechung und Erklärung der auf der Sonne wahrnehmbaren Veränderungen in grosser Vollständigkeit enthalten.[1]

Ich darf aber einen Augenblick bei einer besonderen Erscheinung verweilen, welche eintreten kann, sobald durch den Vorgang der Ballung und Condensation sehr kleine Himmelskörper entstanden sind. Auch diese werden zuerst ein beständiges Aufkochen zeigen, und sich darauf mit einer Schlackenkruste bedecken. Die letztere wird Risse und Spalten zeigen, und auf diesen wird sich eine eruptive Thätigkeit von grosser Heftigkeit entwickeln, weil die Abkühlung und Erstarrung bei

[1] Berichte der k. sächs. Ges. d. Wiss. zu Leipzig 1870, pag. 103 und 338, ferner 1871, pag. 49, 174 u. s. w.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

einer sehr kleinen Kugel rasch vorschreitet und sich demnach in kurzer Zeit eine relativ grosse Menge gasförmiger Körper aus dem Innern entwickelt. Abgesehen von dem heftigen Ausströmen der Gase wird diese Thätigkeit auch von beständigen Explosionen begleitet sein, weil die aus dem Innern sich entwickelnden Elementargase, wie Wasserstoff, Sauerstoff, nahe der Oberfläche unter einem geringen Drucke zusammentreffen, den sie bei ihrer Verbindung durch die dabei entstehende Explosion überwinden können.

Diese heftigen Eruptionen und Explosionen werden Stücke der zertrümmerten Kruste emporschleudern, welche bei dem geringen Masse von Schwerkraft, welche ein so kleiner Weltkörper ausübt, in den Himmelsraum getrieben, in der Form von eckigen Trümmern ihre Bahnen schwarmweise verfolgen werden. Durch solche Thätigkeit würde die Masse eines solchen kleinen Sternes beständig verringert, unter Umständen könnte auch eine vollständige Auflösung desselben in kleine Theile erfolgen.

Es wird dem Leser nicht zweifelhaft sein, dass ich hier auf deductivem Wege die Bildung der Meteoriten anschaulich zu machen versuche, nachdem ich in einer anderen Schrift gezeigt, dass die Beschaffenheit derselben auf eine solche Entstehungsweise, wie sie vorhin geschildert wurde, hinweist. [1]

[1] Die Bildung der Meteoriten durch Zertheilung eines Gestirns ist schon von Chladni als ein möglicher Fall betrachtet worden, doch entschied sich dieser Forscher für die Annahme einer Bildung aus Kometenmasse, welche später von Reichenbach, Schiaparelli u. A. weiter entwickelt wurde. Brewster, L. Smith, Haidinger, Daubrée kamen auf die Entstehung der Meteoriten durch Auflösung eines Himmelskörpers zurück, und Haidinger, welcher die Aehnlichkeit mit Breccien und Tuffen hervorhob; dachte sich dieselben aus einem Weltkörper hervorgegangen, der sich aus einer staubförmigen Materie ballte und sich nachher, ähnlich wie eine Thonkugel oder Septarie, von innen heraus zertheilte. (Sitzungsber. d. Wiener Akad. XLIII, p. 370). Einen ähnlichen Gedanken sprach Mennier aus (Géologie comparée 1874), der sich die Meteoriten aus einem Planeten entstanden denkt, welcher wie eine trocknende Thonplatte Risse bekam und zersprang. Meine Entwicklung geht von vielen kleinen Himmelskörpern aus, und fasst den Vorgang der Zertheilung als einen vulcanischen auf.

Es ist daher wohl sehr sonderbar, dass Mennier mir gegenüber eine Priorität reclamiren will (Comptes rend. t. 81 p. 1278), anstatt die älteren

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Auf den kleinen Himmelskörpern, von welchen ich die Meteoriten herzuleiten versuche, konnten sich begreiflicherweise keine Ansammlungen von Wasser bilden, auch wenn sich aus dem Innern derselben Wasserdampf entwickelte, denn erstens musste die Menge des letzteren zu der kleinen Masse jener Kugeln im Verhältnisse stehen, also nicht sehr gross sein, zweitens konnten aus demselben Grunde diese Kugeln keine Atmosphäre auf ihrer Oberfläche verdichten, welche jenen Druck hervorgebracht hätte, der erforderlich ist, um das Wasser im flüssigen Zustande zu erhalten.

Damit stimmt die Thatsache überein, dass die Meteoriten fast durchwegs aus wasserfreien Mineralen bestehen, und nur sehr wenige kohlige Meteorsteine einen geringen Wassergehalt erkennen lassen, endlich dass keine solchen vorkommen, welche eine Ähnlichkeit mit den sedimentären Bildungen der Erde darbieten.

Es erübrigt noch anzuführen, dass auch die Beschaffenheit der Mondoberfläche mit der Hypothese von der selbstständigen Entwicklung von Gasen aus dem Innern harmonirt. R. Hooke vergleicht treffend die Mondkrater mit den ringförmigen Vertiefungen, welche auf der Oberfläche von gepulvertem Gyps entstehen, wofern dieser erhitzt wird, und der ausgetriebene Wasserdampf Eruptionen veranlasst. Man hat in der That einige Berechtigung, auf der Oberfläche des Mondes, die nie einen Windstoss erfährt und niemals durch Wasser geebnet wird, alles aus einer leichten, vielleicht pulverförmigen Masse aufgebaut zu denken.

Wenn man annimmt, der Mond sei aus einer Stoffmasse gebildet, welche früher das Erdcentrum ringförmig umgab, und wenn man zugibt, dass die Stoffe sich ungefähr nach ihrem specifischen Gewichte anordneten, so wird man vermuthen dürfen, dass der Mond sich aus leichteren Massen formte als die Erde. Damit stimmt seine mittlere Dichte, welche ungefähr mit jener

---

Schriften zu würdigen und Haidinger die gebührende Priorität zuzuerkennen.

Wenn man nicht die Kometen als Erzeuger der Meteoriten auffasst, sondern, wie Zöllner, die Kometen und die Meteoriten als gleichzeitig entstandene Producte aufgelöster Himmelskörper ansieht, so kann man diese und die oben entwickelte Idee vielleicht in Einklang bringen.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

des Basaltes übereinkömmt. Der Mond enthielte demnach im Innern nur wenig von schwerem Metall, dagegen mehr von ähnlichen Massen wie unsere eruptiven Gesteine, weiter nach aussen bestünde er aber aus leichten Stoffen. Auf der Erde sind leichte Minerale im Meerwasser gelöst, nämlich Steinsalz, schwefelsaures Natron, schwefelsaure Magnesia, Chlormagnesium etc. Dieselben Stoffe kommen in den Salzlagern vor. Mehrere darunter haben die Eigenschaft, grosse Mengen von Wasserdampf begierig aufzunehmen.

Man könnte also in der Rinde unseres Nachbarplaneten solche Stoffe vermuthen, welche Wasserdämpfe und auch andere Dämpfe begierig aufnehmen.

Dass der Mond, welcher bei seiner geringeren Masse eine raschere Abkühlung erfuhr als die Erde, desshalb eine heftigere vulcanische Thätigkeit entwickelte, ist aus dem Früheren verständlich. Wird angenommen, das bei den Eruptionen vorzugsweise Wasserdampf ausströmte, so ist bei der Annahme absorbirender Stoffe an der Oberfläche des Mondes das Verschwinden des Wassers begreiflich. Andere Dämpfe besitzen eine noch geringere Tension und würden schon desshalb wenig zur Bildung einer Atmosphäre auf dem Monde beitragen. Dass der Mond schon von Anbeginn keine aus permanenten Gasen bestehende Atmosphäre besass, würde mit dem Vorigen insoferne im Zusammenhange stehen, als man sich denken darf, dass die Hauptmasse dieser Stoffe schon bei der Bildung der Erde absorbirt wurde.

Bei der Annahme leichter pulveriger absorbirender Massen auf dem Monde würde sich der vulcanische Process theils als Eruption und Aufschüttung von Kratern, theils als eine Auftreibung grösserer Flächen ohne Eruption und als nachherigen centralen Einsturz, ungefähr im Sinne der Buch'schen Erhebungenslehre darstellen, und es liesse sich demgemäss auch die Bildung der grossen Ringgebirge anschaulich machen.

Dauern die Veränderungen der Mondoberfläche noch fort, wie dies Beobachtungen von Lohrmann, Mädler, J. F. J Schmidt, Webb ergeben, so wird die Astrophysik auch in diesem Gebiete über blosse Vermuthungen hinauskommen.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Anmerkung 1 (zu Seite 7).

Man kann sich leicht überzeugen, dass durch das Hinabsinken von Theilen der Erdrinde keine solche Temperaturerhöhung stattfindet, welche die vulkanischen Erscheinungen zu erklären vermöchte.

Nennt man das Gewicht des hinabsinkenden Theiles der Erdrinde P und die Strecke, durch welche das Sinken stattfindet u, ferner das Wärmeäquivalent der Arbeitseinheit A, so ist die entstehende Wärmemenge

$$W = APu.$$

Denkt man sich nun der Einfachheit wegen das hinabsinkende Stück der Erdkruste von prismatischer Gestalt, oben begrenzt durch eine quadratische Fläche deren Seite $= l$ und von einer Höhe h, welche der Dicke der Erdkruste gleichkommt, und ist das mittlere Volumgewicht der Erdkruste $= s$, so beträgt, weil hier von der Krümmung der Erdoberfläche abgesehen wird, jenes Gewicht

$$P = h l^2 s,$$

wonach die beim Hinabsinken entwickelte Wärmemenge

$$W = Ahl^2su.$$

Ist nun das Gewicht jener Gesteinsmasse, welche erhitzt wird p, deren mittlere specifische Wärme $= c$, so ist die erfolgte Temperaturerhöhung

$$t = \frac{qW}{pc},$$

worin q der Coëfficient, welcher angibt, welcher Theil der entwickelten Wärme unverloren bleibt, respective zu dieser Temperaturerhöhung auf den Spalten verwendet wird.

Die entstehende Wärme wird in der That zum Theil dort entwickelt, wo die Reibung bei dem Hinabsinken stattfindet, also auf den seitlichen Begrenzungsflächen jenes Prisma's, und es wird sich im ersten Augenblicke die Wärme von den Spalten aus zu beiden Seiten nur auf eine bestimmte Strecke δ verbreiten.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Somit ist das Gewicht der Erdrinde, welches durch die gebildete Wärme erhitzt wird,

$$p = 8\,\delta hls$$

und die Temperaturerhöhung

$$t = A\frac{lqu}{8\,c\delta}.$$

Es ist wohl nicht wahrscheinlich, dass eine ganze vulkanische Gegend von 100 Quadratmeilen in kurzer Zeit 1 Meter tief sinkt, umsomehr als dieses Sinken öfters stattfinden müsste, um eine länger dauernde vulcanische Thätigkeit zu erklären, doch mag dies immerhin angenommen werden, weil es der zu bekämpfenden Ansicht günstig ist, also $l = 10$ Meilen $= 74.200$ Meter und $u = 1$ Meter.

Die erzeugte Wärme wird sich theils auf den Spalten entwickeln und wird dort die zerriebene und zerquetschte Steinmasse erhitzen, theils aber und zwar in nicht geringem Masse wird sie sich auf der unteren Fläche durch Stoss auf die Unterlage, und wenn diese als flüssiges Erdinnere nachgiebig ist, auf deren fester Umhüllung entwickeln, endlich wird in dem ganzen Prisma allenthalben infolge des Stosses Wärme entstehen. Es ist viel zugegeben, wenn man annimmt, der zuerst erwähnte Wärmeantheil sei so gross wie die übrigen beiden zusammengenommen, doch möge auch dies zugestanden, sonach $q = {}^1/_2$ gesetzt werden.

Wenn überdies angenommen wird, dass sich die auf den Spalten angehäufte Wärme anfänglich beiderseits nur einen Meter weit verbreite, was eben wegen der eintretenden Zerquetschungen ein Minimum ist, so berechnet sich, wofern die specifische Wärme des Gesteins, wie es wahrscheinlich ist, 0·2 gesetzt wird, die Temperaturerhöhung, welche bei jenem Niedersinken im Bereiche der Spalten entsteht:

$$t = 54{\cdot}7\,^\circ C,$$

ein Betrag, welcher gegenüber den an Vulcanen beobachteten Temperaturen ganz und gar unbedeutend zu nennen ist. Wenn nun noch Wasser hinzutritt, so erniedrigt sich obige Temperatur

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

sehr bedeutend, wenn z. B. die Hälfte des Gewichtes an Wasser hinzukommt, auf 15·6° C.

Die Temperaturerhöhung würde aber in der That eine viel geringere sein, denn die hier gemachten Annahmen sind alle in hohem Masse günstig für die Mallet'sche Ansicht gemacht worden.

An dem Resultate der Rechnung würde sich auch nichts ändern, wenn der Vorgang complicirter gedacht, wenn also anstatt des Niedersinkens die Ausfüllung einer beim Erstarren der Erdkruste gebildeten Höhlung durch nebenlagernde Massen, und wenn ein Zersplittern und Zerquetschen der hinein gepressten Gesteinsmassen angenommen würde. Im Gegentheile würde hiebei die entstandene Wärmemenge noch weiter vertheilt, folglich die Temperaturerhöhung der bewegten Massen eine sehr unbedeutende sein.

Anmerkung 2 (zu Seite 10).

Dass die im Erdinnern enthaltenen flüssigen Massen grosse Mengen von Gasen und Dämpfen absorbirt enthalten, zeigt wohl schon die Lava, welche, sobald sie an die Erdoberfläche gelangt ist, gewaltige Mengen von Dämpfen aushaucht. Sie entwickelt die Dämpfe in geringerem Masse, solange sie dünnflüssig ist, auch die Bewegung über steile Abhänge vermag ihr nicht grössere Dampfmengen zu entlocken, wie man dies am Vesuv bei den Eruptionen im Jahre 1871 so schön beobachten konnte. Beim Erstarren aber entwickeln sich grössere Dampfmengen.

Das flüssige Glas, welches der Grundmasse der Laven ähnlich ist, hat nach der Beobachtung von H. S. C. Déville und Troost[1] auch die Eigenschaft, schon bei gewöhnlichem Drucke Gase zu absorbiren und dieselben beim Erstarren zu entlassen, aber die Menge der letzteren ist sehr gering. Daraus ergibt sich der Einfluss des hohen Druckes, welcher die Laven befähigt, so grosse Quantitäten aufgelöst zu erhalten, dass beim Erstarren eruptive Erscheinungen auftreten.

---

[1] Comptes. rend. Bd. 57, pag. 965.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Der Schwefel ist ein Körper, der nach v. Hochstetter's Beobachtungen[1] sich zur Nachahmung der Lava vorzüglich eignet, weil er im flüssigen Zustande und bei höherem Drucke viel Wasser zu absorbiren vermag, welches er beim Erstarren dampfförmig und unter Eruptionserscheinungen ausgibt.

Aus der Zunahme der Dichtigkeit der Erde gegen ihr Centrum, sowie aus dem Vergleiche zwischen den Meteoriten und den Gesteinen der Erde schlossen Dana, Daubrée u. A., dass das Erdinnere aus flüssigen Metallmassen, vorzugsweise aus flüssigem Eisen bestehen dürfte. Aber auch solche Flüssigkeiten besitzen nach den gegenwärtigen Erfahrungen die Fähigkeit, Gase und Dämpfe zu absorbiren und dieselben beim Erstarren zu entlassen.

Als Beispiele hiefür mögen einige Beobachtungen angeführt werden, welche sich vorzugsweise auf Eisen, Kupfer und Silber beziehen.

Nach Dürre (Constitution des Roheisens, Leipzig 1868) zeigt das Roheisen beim Erstarren ein eigenthümliches „Spiel", indem es sich mit einer Haut überzieht, welche Spalten bekömmt und ein abwechselndes Zerreissen und Zusammenschieben zeigt. Die Erscheinung ist die Folge von inneren Strömungen. Auf der Oberfläche zeigen sich oft Blasen von runder Form, welche als dunkle Flecken hin und her schiessen und endlich erstarren. Manche Roheisenarten werfen Funken aus, welche mit blaulichem Lichte verbrennen. Dabei zeigt sich eine Gasentwicklung, die ein Geräusch wie beim langsamen Kochen hervorbringt.

Nach Schott (Die Kunstgiesserei in Eisen, Braunschweig 1873) zeigt garflüssiges Eisen nach dem Ausfliessen reticulare Spaltenbildung. Sobald sich die Spalten schliessen, entwickeln sich Gasbläschen, so dass das Ganze eine schüttelnde Bewegung annimmt.

Halbirtes Eisen zeigt Spalten und das Hin- und Herschieben und entwickelt reichliche Gasbläschen, die zum Theil auf der Oberfläche erstarren. Grelles Eisen entwickelt viele Gasbläschen, die platzen und glühende Sterne auswerfen.

Ledebur bemerkt (Berg- und Hüttenmänn. Zeitung 1873 Bd. 32, pag. 365), dass das Gas, welches sich aus dem flüssigen

[1] Diese Berichte Bd. 62, Abth. II, pag. 771.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Roheisen entwickelt, zum grossen Theil schon fertig darin gebildet und in demselbem absorbirt enthalten sei. Es entwickelt sich daraus infolge der Verminderung des Druckes, infolge von Bewegungen und Strömungen sowie beim Erstarren. Ein anderer Theil der Gase rührt her von der Einwirkung der Luft, welche Sauerstoff zur Verbrennung des enthaltenen Kohlenstoffes liefert, ein Theil der Dämpfe stammt aus der Feuchtigkeit der Gussformen. Das Spiegeleisen entwickelt beim Erstarren viel Gas, wirft Eisenkügelchen aus. Die Oberfläche ist in Flammen gehüllt, die einen weissen, aus Kieselsäure bestehenden Rauch bilden. In den entwickelten Gasen wird daher Siliciumwasserstoff angenommen.

Die übrigen aus Spiegeleisen entwickelten Gase sind nach Troost und Hautefeuille (Comptes rendus 1875, T. 80, pag. 909) Wasserstoffgas, welches eine schwach leuchtende Atmosphäre bildet, später aber Kohlenoxydgas.

Die aus dem Gusseisen und Roheisen überhaupt sich entwickelnden Gase sind nach Cailletet (Comptes rendus T. 61, pag. 850) Wasserstoffgas, Kohlenoxydgas und Stickgas.[1] Troost und Hautefeuille bestimmten ausserdem auch Kohlensäuregas. Dieselben fanden, dass die Gasentwicklung aus dem flüssigen Eisen unter gleichbleibenden Umständen lange andauern könne, da nicht bloss das Erstarren sondern auch die im Innern der Flüssigkeit erfolgenden chemischen Processe neue Gase liefern.

Troost und Hautefeuille fanden, dass Gusseisen im Kohlentiegel in einer Wasserstoff-Atmosphäre geschmolzen ruhig fliesst. Nimmt der Druck des Wasserstoffgases plötzlich ab, so entsteht Gasentwicklung und Auswerfen von Eisentropfen, ebenso beim Erstarren. Eine Kohlenoxyd-Atmosphäre wirkt schwächer. Das in einer Wasserstoff-Atmosphäre geschmolzene und hier erstarrte Eisen gab beim Wiedererhitzen ein Gasgemisch aus, welches in Volumpercenten 74·07 Wasserstoff, 16·76 Kohlenoxyd, 3·57 Kohlensäure und 5·58 Stickstoff enthielt. Bei anderen Versuchen mit Roheisen, Stahl und weichem Eisen wurden hievon

[1] Regnard beobachtete einen starken Ammoniakgeruch an dem Wasserstoffgas, welches sich aus einem Gussstahl beim Erkalten entwickelte; Comptes rend. 1877, Bd. 84, pag. 260.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

abweichende Zahlen gefunden. Bei einem Versuche, der die genannten Zahlen ergab, lieferten 500 Gramm Eisen beim Erhitzen 16·7 C. C. Gas, also 1 Volum Eisen ungefähr 0·23 Volume Gas.

Unvergleichlich mehr Gas fand J. Parry (American Chemist 1875, Nr. 63, pag. 107). Er schmelzte Roheisen in einer Wasserstoff-Atmosphäre und beobachtete die nach längerem Schmelzen erfolgte Wasserstoff-Absorption. Er fand, dass das Eisen mehr als das 20fache seines Volumens an Wasserstoff aufnimmt, welche Quantität nach dem Erstarren und längerem Erhitzen ohne Schmelzung im Vacuum wieder entwickelt wird.

Diese Bestimmungen beziehen sich immer auf das starre Eisen, und geben keinen Aufschluss darüber, wie viel Gas von dem damit gesättigten flüssigen Metall beim Erstarren abgegeben wird. Die Beobachtungen am Roheisen führen aber zu dem Schlusse, dass diese Quantität eine bedeutende sein müsse.

Kobalt und Nickel verhalten sich ähnlich wie Eisen. Troost und Hautefeuille fanden (Comptes rendus 1875, T. 80, pag. 788) in den im Wasserstoffgas geschmolzenen Metallen ebenfalls Wasserstoff absorbirt.

Kupfer zeigt als sogenanntes Schwarzkupfer in einer bestimmten Periode des Reinigungsprocesses ein Sprühen, wobei aus dem flüssigen Metallbade eine Menge feiner metallischer Kügelchen, oft in Gestalt eines feinen Regens zertheilt mit Gewalt emporgeschleudert werden. Wenn nicht der richtige Grad der Gase getroffen wurde, erfolgt beim Erstarren ein Spratzen und Steigen in den Gasformen. Als die Ursache der genannten Erscheinungen gilt die Einwirkung des atmosphärischen Sauerstoffs auf den im Schwarzkupfer enthaltenen Schwefel. Beim Erstarren solchen Kupfers wird die schon gebildete Haut durch die Gasentwicklung und das Herausschleudern der Kügelchen durchbrochen, und es bilden sich auf der Kruste kraterartige Erhebungen, aus welchen Kupfer ausfliesst. (Stölzel Metallurgie pag. 685.)

Wird über reines flüssiges Kupfer entweder Wasserstoffgas oder Kohlenoxyd-, Kohlenwasserstoff- oder Ammoniakgas geleitet, so zeigt sich beim langsamen Erkalten in jedem Falle das Sprühen, Spratzen und Steigen. (Caron in Dingler polyt. Journ. Bd. 183, pag. 384.)

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Silber zeigt bekanntlich das Spratzen sehr ausgezeichnet. Silber, welches in einer Sauerstoff-Atmosphäre in Fluss erhalten wird, absorbirt ungefähr das 22fache seines Volumens an Sauerstoff, welchen es beim Abkühlen wieder entlässt, sobald die Oberfläche starr wird. Die Erscheinungen, welche hiebei auftreten, findet Fournet (Bull. soc. géol. Bd. IV, pag. 200) vollständig gleich mit jenen, welche die vulkanischen Eruptionen darbieten. Nichts mangelt. Erhebung, Ergiessung, Erschütterung des Bodens, Spalten, Gänge, Vulkane mit Kratern, Eruptionen, Ströme, Gasentwicklung, alles mit einer schlagenden Ähnlichkeit, besonders wenn man mit einer Quantität von ungefähr 50 Pfund arbeitet.

Der Silberkuchen, welcher von Österreich exponirt in der Weltausstellung von 1873 zu sehen war, zeigte die Kraterformen und Eruptionserscheinungen ganz ausgezeichnet.

Anmerkung 3 (zu Seite 10).

Wenn man zu einer beiläufigen Schätzung des Volumens, welches jährlich im Erdinnern aus dem flüssigen Zustande in den starren übergeht, gelangen will, so kann man, wie dies schon Angelot versuchte, von der Wärmemenge ausgehen, welche die Erde nach Poisson's Theorie während dieses Zeitraumes von ihrem inneren Wärmeschatze verliert. [1]

Demnach gäbe die Erdoberfläche per Jahr eine Wärmemenge ab, welche geeignet wäre, eine Eisschichte von 0·00693 Meter Höhe zu schmelzen. Daraus würde folgen, dass jeder Quadratmeter der Erdoberfläche jährlich 507 Wärmeeinheiten nach Aussen abgibt. Bezeichnet nun w die letztere Zahl und O die Erdoberfläche in Quadratmetern ausgedrückt, so ist die jährlich durch Leitung aus dem Erdinnern nach Aussen gelangende Wärmemenge wO. Ausserdem aber gibt die Erde auch Wärme durch die heissen Quellen, die vulcanischen Dämpfe, die Laven ab. Die letztere Wärmemenge wird viel geringer sein als die erstere. Um sie überhaupt in Rechnung zu bringen, möge angenommen werden, dass sie von der ersteren um das

[1] Théorie mathématique de la chaleur. Paris 1855.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

zehnfache übertroffen wird, so dass die gesammte Wärmemenge

$$1 \cdot 1 \; wO$$

beträgt. Ein Theil derselben muss nun daher rühren, dass beständig Theile des Erdinnern erstarren, der übrige Theil würde durch die Temperaturerniedrigung des Erdinnern geliefert. Welches das Verhältniss dieser beiden Antheile ist, lässt sich wohl kaum vermuthungsweise aussprechen. Werden, wie es nicht sehr unwahrscheinlich, beide als gleich angenommen und ist e die Erstarrungswärme der Volumeinheit des Erdinnern und J das jährlich zur Erstarrung gelangende Volum, so hat man

$$\frac{1 \cdot 1}{2} \; wO = eJ.$$

Entwickelt dabei die Volumeinheit das r-fache Gasvolum, letzteres unter dem gewöhnlichen Atmosphärendruck gemessen, und strömt dieses Gas mit der Geschwindigkeit v aus n Eruptionsöffnungen hervor, deren jede den Querschnitt q hat, und ist, z die Zahl der Secunden per Jahr, so ist

$$n = 0{\cdot}55 \; \frac{rwO}{eqvz}.$$

Wird angenommen, dass das Erdinnere, welches gegenwärtig zur Erstarrung kommt, aus Eisen bestehe, so wäre für e die Erstarrungswärme des Eisens zu setzen. Diese ist wohl nicht näher bekannt, doch lässt sich nach den Versuchen von Schott und von Mallet darauf ein Schluss ziehen.

Nach Schott gibt die Gewichtseinheit flüssigen Eisens bei der Abkühlung bis auf 24° C. an Wasser 283·7 WE. ab, nach Mallet bei der Abkühlung auf 77° C. hingegen 273·3 WE. Wird nun die Schmelztemperatur des Eisens wie gewöhnlich zu 1500° C. angenommen, und wird die specifische Wärme ohne Rücksicht auf das Steigen derselben mit der Temperatur mit dem von Regnault ermittelten Werthe zu 0·114 angenommen, so beträgt die Abkühlungswärme 171 WE. Demnach ergäben sich für die Schmelzwärme, respective Erstarrungswärme des Eisens 278—171 = 107 WE., welche Zahl aber in Betracht der Umstände zu erniedrigen ist, so dass man vielleicht die Zahl 100

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

annehmen darf, welche von der für Eis geltenden (80) nicht sehr verschieden ist.

Ein Kubik-Meter flüssiges Eisen, dessen Volumgewicht zu 7·5 angenommen, würde sonach beim Erstarren $e = 750.000$ WE. entwickeln. Das flüssige Eisen ist nun, wie aus der vorigen Anmerkung zu ersehen, schon bei gewöhnlichem Druck im Stande, bedeutende Mengen von Gasen und Dämpfen absorbirt zu erhalten. Mit Berücksichtigung des Druckes ist die Annahme, dass ein Kubik-Meter des in der Tiefe erstarrenden Eisens so viel Gas ausgibt, dass letzteres unter dem einfachen Atmosphärendruck 50 Kubik-Meter einnimmt, eine solche, die gewiss nicht zu hoch gegriffen erscheint.

Um eine Zahl zu erhalten, welche die Geschwindigkeit der erumpirenden Dämpfe angibt, ist die Beobachtung J. F. J. Schmidt's anzuführen,[1] welcher als das Maximum der Geschwindigkeit, mit welcher die Dampferuptionen auf Santorin erfolgten, zu 40 par. Fuss per Secunde angibt. Nimmt man die Zahl noch etwas höher, so kann $v = 15$ Meter gesetzt werden.

Wird schliesslich für jede Eruptionsöffnung ein Querschnitt von 1 Quadrat-Meter angenommen, was schon ein bedeutender Dampfschlot zu nennen ist, so erhält man nach Einsatz der Werthe von $O = 9261.000$ Meilen jede zu 7420 Meter und $z = 31536.000$, für die Anzahl der Eruptionsöffnungen, welche gespeist werden können

$$n = 20040.$$

Unter den gemachten Voraussetzungen würde also die Menge von Gasen und Dämpfen, welche sich beim allmäligen Erstarren des Erdinnern entbinden, ausreichen, um 20.000 Eruptionsöffnungen in beständiger, heftiger Thätigkeit zu erhalten.

Diese Zahl ist wohl ohne Zweifel grösser als jene, die man durch Summirung der vulcanischen Dampfentwicklungen auf der ganzen Erdoberfläche erhalten würde.

---

[1] Vulcanstudien 1874, pag. 175.